

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 08241861 A

(43) Date of publication of application: 17.09.96

(51) Int. Cl

H01L 21/027

G02B 13/24

G03F 7/20

(21) Application number: 08084963

(71) Applicant: NIKON CORP

(22) Date of filing: 08.04.96

(72) Inventor: ANZAI AKIRA
ONO KOICHI

(62) Division of application: 05273329

(54) LSI DEVICE MANUFACTURING METHOD AND EQUIPMENT

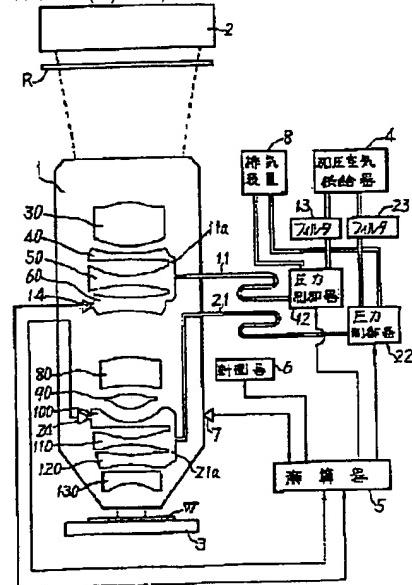
is corrected for variation from the three initial optical properties by a combination of at least either the second or the third means and the first means.

(57) Abstract:

PURPOSE: To enhance an LSI device manufacturing equipment in matching accuracy at pattern exposure by a method wherein air chambers located in an imaging light path are changed in optical parameters, and a lens element is moved along the direction of optical axis or a photosensitive substrate is made to follow a position change of an imaging plane so as to correct the LSI device manufacturing equipment for variation in optical properties.

CONSTITUTION: Pressure controllers 12 and 22 are made to change air chambers 40, 50, 60, 100, 110, and 120 arranged in the imaging light path of a projection optical system 1 in optical parameters when the three properties of the projection optical system 1, an imaging multiplying factor, an imaging plane position, and various aberrations, are varied from initial set values (first means). A few of lens devices which form the projection optical system 1 are moved in the direction of an optical axis (second means). A photosensitive substrate W is made to follow a position change in the imaging plane of the projection optical system 1 (third means). The projection optical system 1

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-241861

(43)公開日 平成8年(1996)9月17日

(51)Int.Cl.⁶
H 01 L 21/027
G 02 B 13/24
G 03 F 7/20

識別記号 庁内整理番号
521

F I
H 01 L 21/30
G 02 B 13/24
G 03 F 7/20

技術表示箇所
516 A
521

審査請求 有 発明の数2 O.L (全7頁)

(21)出願番号 特願平8-84963
(62)分割の表示 特願平5-273329の分割
(22)出願日 昭和58年(1983)10月5日

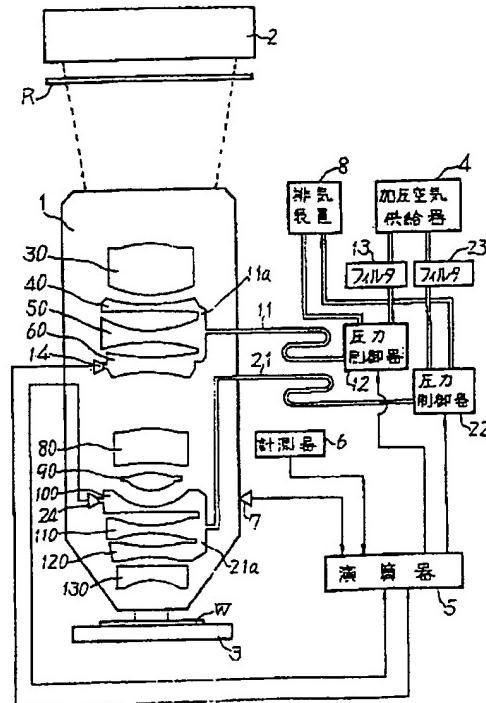
(71)出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72)発明者 安西 嘉
神奈川県座間市広野台1-5098-37
(72)発明者 大野 康一
東京都稻城市平尾372-1平尾住宅45-23

(54)【発明の名称】LSI素子製造方法、及びLSI素子製造装置

(57)【要約】

【目的】超LSI素子の製造時のパターン露光の際、高いマッチング精度を保つようにする。

【構成】超LSI製造用の露光装置の投影光学系が持つ光学諸性能のうち、結像倍率、結像面位置又は各種収差を任意に調整可能とし、投影光学系の所定の気密室の気圧を変化させてLSIパターンの露光を行う。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レチクルを均一に照明する照明手段と、該照明されたレチクルのLSIパターンを感光基板上に所定の結像特性で投影露光する投影光学系と、前記感光基板を保持するステージとを備えた露光装置を用いて、前記感光基板上にLSI素子を形成するLSI素子製造方法において、

前記露光装置を取り囲む環境、又は前記投影光学系を通る露光光に起因して前記投影光学系自体の結像倍率、結像面位置、及び各種収差の3つの光学諸特性がそれぞれ所期の条件から変動するとき、前記投影光学系による結像光路中に配置された特定の光学要素の光学的な諸元を変更させる第1の手段の他に、前記投影光学系を構成する一部のレンズ素子を光軸方向に移動させる第2の手段と前記感光基板を前記投影光学系の結像面位置の変化に追従させる第3の手段との少なくとも一方を設け、前記3つの光学諸特性の所期の条件からの変動を、前記第2、第3の手段の少なくとも一方と前記第1の手段との組み合わせ制御によって補正することを特徴とするLSI素子製造方法。

【請求項2】 均一な照明光で照明されるレチクルに形成されたLSI素子のパターンを感光基板上に投影するために複数の光学素子と複数の空気間隔との組み合わせで構成され、環境状態や照明状態の外的要因によって結像倍率、結像面位置、及び収差の3つの光学諸特性が変動し得る投影光学系を備え、前記感光基板上にLSI素子を形成する製造装置において、

前記3つの光学的特性を変動させ得る外的要因に関する情報を検知する変動検知手段と；前記投影光学系の複数の空気間隔の中から、内部の気体屈折率を変化させたときに生ずる前記3つの光学諸特性のうちの着目する1つの光学特性の変化方向が揃っていて、かつ他の2つの光学特性の各々の変化が小さいか、又はほぼ相殺されるような少なくとも2つの空気間隔を選び、該選ばれた複数の空気間隔を連通密封した気密室と；前記着目する1つの光学特性の変動が補正されるように、前記変動検知手段により検知された情報に基づいて前記気密室内の気体の屈折率を調整する制御手段とを設けたことを特徴とするLSI素子製造装置。

【請求項3】 前記3つの光学諸特性のうちの結像面位置特性の変化に対しては、前記感光基板を該結像面の位置変化に追従させる機能で補正し、前記結像倍率特性と収差特性の少なくとも一方を前記気密室と制御手段によって補正するように構成したことを特徴とする請求項2に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は投影露光時の倍率や収差等の光学性能を簡便に調整し得る投影露光装置を用いた超LSI素子の製造方法、及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 縮小投影型露光装置（以下ステッパーと呼ぶ）は近年超LSI素子の生産現場に多く導入され、大きな成果をもたらしているが、その重要な性能の一つに重ね合せマッチング精度があげられる。このマッチング精度に影響を与える要素の中で重要なものの投影光学系の倍率誤差がある。超LSIに用いられるパターン線幅の大きさは年々微細化の傾向を強め、それに伴ってマッチング精度の向上に対するニーズも強くなっている。従って投影倍率を所定の値に保つ必要性はきわめて高くなっている。現在投影光学系の倍率は装置の設置時に調整することにより倍率誤差が一応無視できる程度になっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、ステッパーの投影レンズは露光エネルギーの一部を吸収して温度が上昇する。このため投影レンズに長時間、露光用の光が照射されづけたり、露光動作が長時間連続に行われると倍率が無視し得ない程度に変化する可能性がある。又装置の稼働時に於ける投影レンズの周囲の僅かな温度変化やクリーンルーム内の僅かな気圧変動等、環境条件が変化した時の倍率誤差を補正したいという要求が高まっている。

【0004】 これらの倍率誤差は、結像面上で $0.05\mu m$ 程度でも実用上の問題となることがあり、このような微小な倍率変動を補正して常に一定状態を保つことは極めて難しいことであった。しかも、投影レンズは、露光エネルギーによる投影レンズの温度上昇や環境条件の変化によって、倍率変動を生ずるばかりでなく、結像面位置の変動や各種収差の変動も生じ、これらの光学諸性能の変動は程度の差はあっても同時に起こるため、例えば倍率というある特定の光学性能のみを補正したとしても、全体の光学性能としての劣化が避けられない場合がある。さらに、光学諸性能の変動は互いに独立ではなく密接に関連しているのが一般であるため、積極的にある特定の光学性能、例えば倍率のみを独立に微調整することも極めて難しいことであった。

【0005】 本発明の目的は、投影光学系の倍率変動、結像面位置の変動、あるいは各種収差等の光学諸性能の微調整が容易に可能な投影露光装置を用いた超LSIの製造方法を提供することにあり、さらには、倍率や結像面、或は収差等の光学諸性能を独立に補正し得る投影露光装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 第1の発明では、レチクル（R）を均一に照明する照明手段（2）と、その照明されたレチクルのLSIパターンを感光基板（W）上に所定の結像特性で投影露光する投影光学系（1）と、感光基板を保持するステージ（3）とを備えた露光装置を用いて感光基板上にLSI素子を形成するLSI素子の

製造過程において、露光装置を取り囲む環境、又は投影光学系(1)を通る露光光に起因して投影光学系(1)自体の結像倍率、結像面位置、及び各種収差の3つの光学諸特性がそれぞれ所期の条件から変動するとき、投影光学系(1)による結像光路中に配備された特定の光学要素(例えば空気室40, 50, 60, 100, 110, 120)の光学的な諸元を変更させる第1の手段(例えば圧力制御器12, 22)の他に、投影光学系(1)を構成する一部のレンズ素子を光軸方向に移動させる第2の手段と感光基板(W)を投影光学系(1)の結像面位置の変化に追従させる第3の手段との少なくとも一方を設け、3つの光学諸特性の所期の条件からの変動を、第2、第3の手段の少なくとも一方と第1の手段との組み合わせ制御によって補正することを要点としている。

【0007】また第2の発明は、均一な照明光で照明されるレチクル(R)に形成されたLSI素子のパターンを感光基板(W)上に投影するために複数の光学素子(L1, L2, ……L14)と複数の空気間隔(a, b, c, ……o)との組み合わせで構成され、環境状態や照明状態の外的要因によって結像倍率、結像面位置、及び収差の3つの光学諸特性が変動し得る投影光学系(1)を備え、感光基板(W)上にLSI素子を形成する製造装置に適用される。

【0008】そしてこの第2の発明においては、3つの光学的特性を変動させ得る外的要因に関する情報を検知する変動検知手段(大気圧、投影レンズ鏡筒外部の環境温度と湿度、又は鏡筒内部の温度を検知する計測器6や温度センサ7、あるいは露光エネルギーの投影レンズへの蓄積の状態を検知する手段)と、投影光学系(1)の複数の空気間隔(a, b, c, ……o)の中から、内部の気体屈折率を変化させたときに生ずる3つの光学諸特性のうちの着目する1つの光学特性(例えば結像倍率)の変動方向が揃っていて、かつ他の2つの光学特性(例えば結像面位置と収差)の各々の変化が小さいか、又はほぼ相殺されるような少なくとも2つの空気間隔(例えば空気間隔d, e, fの組合せ、あるいは空気間隔j, k, lの組合せ)を選び、その選ばれた複数の空気間隔を連通密封した気密室(40, 50, 60の組合せ、あるいは100, 110, 120の組合せ)と、着目する1つの光学特性(例えば結像倍率)の変動が補正されるように、変動検知手段(計測器6や温度センサ7、あるいは露光エネルギーの投影レンズへの蓄積の状態を検知する手段)により検知された情報に基づいて気密室(40, 50, 60の組合せ、あるいは100, 110, 120の組合せ)内の気体の屈折率を調整する制御手段(5, 12, 22)とを設けることを要点としている。

【0009】

【作用】本発明においては、感光基板に対する投影露光を行う際、倍率変動等を補正する目的で投影光学系内の

空気間隔を圧力制御しても、それに伴って生ずる各種収差が十分小さく押さえられるため、高いマッチング精度が得られる。また投影光学系の収差変動も単独に制御することができるため、常に一定の収差特性でパターン投影ができる。

【0010】

【実施例】以下で説明する本発明の実施例では、投影レンズを構成するレンズ系中のレンズ面で形成される複数の空気室のうち、少なくとも2つの空気室を外気から遮断し、これら少なくとも2つの空気室を連通することによって結合し、該結合された空気室の圧力を制御することによって投影レンズの光学諸性能を補正又は微調整するように構成した。

【0011】このように、少なくとも2つの空気室を連通して同時にその圧力を制御すれば、例えば各空気室の圧力制御による倍率変動が同時に生じ、各空気室による変動が加算されるため、圧力の単位制御量当りの倍率補正量を大きくすることができ、倍率の微調整が容易になる。しかも、各空気室による倍率変動に加えて、結像面の変動にも着目し、結合して圧力制御する少なくとも2つの空気室として、例えば、結像面の変動量が互いに相殺するような空気室を選びこれらを外気から遮断して圧力制御することとすれば、結像面を一定に保ちつつ倍率のみを補正又は積極的に調整することが可能である。また、逆に、倍率の変動量が互いに相殺するような少なくとも2つの空気室を外気から遮断して連通結合し、圧力制御することとすれば、倍率をほぼ一定に保ちつつ結像面のみを補正又は積極的に調整すること可能である。さらに、複数の空気室の組合せによって倍率と結像面との両者の変動を相殺し得ることとすれば、球面収差、コマ収差、像面弯曲或は歪曲収差等の特定の収差のみを独立に補正することが可能となる。

【0012】上記のように、少なくとも2つの空気室を連通して結合しその圧力を一体的に制御する場合、空気室の組合せによってある特定の光学性能の単位圧力制御量当りの補正量を増大させることができ、また、ある特定の光学性能のみを独立に補正、微調整が可能となり、これらの場合、圧力制御を行なう空間は実質的に1つであり圧力制御装置は1つのみでよい。しかしながら、前述のごとく、投影レンズの露光エネルギーによる温度上昇や環境条件の変化等、種々の要因により、投影レンズの光学諸性能は複雑に変化する場合が多く、特定の光学性能のみの補正では不十分な場合が多い。このために、上記のごとく少なくとも2つの空気室を連通した結合空気室を複数設定し、圧力制御装置も複数設ければ、補正の自由度が増し、諸種の要因による複数の光学性能の同時変動をも良好に補正することが可能となる。そこで次に本発明の第1の実施例について説明する。

【0013】いまある投影対物レンズのレンズ間隔のうち2ヶ所を外気から遮断された空気室として構成し、こ

の空気室内の圧力が初期倍率設定時より単位圧力だけ変化した場合に、倍率変化量すなわち、結像面上での所定の軸外像点の変位量がそれぞれ ΔX_1 及び ΔX_2 であるとする。この空気室以外の空気室のうち一部は大気圧と同じ圧力変化をするものとし、大気圧の単位圧力の変化 ΔP に対して倍率変動が ΔX_p だけ発生するものとする。投影レンズ内に形成された空気室のうち他の空気*

$$(1) \Delta P_1 (\Delta X_1 + \Delta X_2)$$

を満たすことによって大気圧変動 ΔP による倍率変化を補正することができる。ここで、 ΔX_1 と ΔX_2 との符号が等しいものを選ぶことによって、一方の空気室のみによる補正変化量よりも大きな変化量を得ることができるので、より少ない圧力制御量で大気圧による倍率変動を補正することができる。従って、圧力制御を行なう空気室の圧力変動幅が比較的小さくなるため、エアのリークの恐れが少なく制御が容易である。

【0015】ところで、これら2つの空気室の圧力変動によって、結像面も変動することは一般には避けられな※

$$(2) \Delta P_1 (\Delta X_1 + \Delta X_2)$$

を満たすように ΔP_1 だけ3つの空気室の結合空間に圧力変化を与えるべき。この時、結像面の変化については、

$$\Delta P_1 (\Delta Z_1 + \Delta Z_2 + \Delta Z_3) = 0$$

が成立し、圧力制御に伴って生ずる結像面の変動はない。

【0016】他方、2つの空気室を一体的に圧力制御す★

$$(3) \Delta P_1 (\Delta X_1 + \Delta X_2)$$

を満たすことにより、倍率補正を独立に行なうことが可能である。

【0017】従って、上記のように、少なくとも2つの空気室を連通して一体的に圧力制御することによって、ある特定の光学性能についての補正量をより大きくすることができ、また、空気室の選び方によっては光学性能のうちある特定のもののみを独立に補正することが可能である。しかしながら、上記それぞれの場合光学諸性能のうちの例えば倍率のみを独立に補正できても、倍率と同時に他の光学性能、例えば結像面の変動をも同時に補☆

$$(4) \left\{ \begin{array}{l} \Delta P_1 (\Delta X_1 + \Delta X_2) + \Delta P_2 \Delta X_4 + \Delta P \Delta X_p = 0 \\ \Delta P_1 (\Delta Z_1 + \Delta Z_2) + \Delta P_2 \Delta X_4 + \Delta P \Delta Z_p = 0 \end{array} \right.$$

【0019】の2つの条件を同時に満たすように、結合された2つの空気室の圧力を一体的に ΔP_1 だけ、また第4空気室の圧力を ΔP_2 だけそれぞれ変化させることによって、倍率と結像面との両者の変動 ΔX_p 、 ΔZ_p を同時に補正することが可能となる。この第4の空気室についても、残りの他の空気室と連通して結合することによって、前述した2つの空気室と同様にして補正量の増大を図ることができるし、また他の光学性能、例えば特定の収差を相殺し得る空気室を組合せることによ

*室は密封され大気から遮断されているとすると気圧変化がないのでそれに伴う倍率変動は生じない。

【0014】そこで、上記2ヶ所の遮断された空気室を連通して一体の空気室に結合し、この結合空気室の圧力を制御することとすれば、大気圧の単位圧力変化による倍率変化量 ΔX_p に対し、この結合空気室の圧力制御量を ΔP_1 するとき、

$$+ \Delta P \Delta X_p = 0$$

※い。そこで、第3の空気室をも連通して結合し、一体的に圧力制御することとする。すなわち、前記2つの空気室における単位圧力変化に対する結像面変化量をそれぞれ ΔZ_1 、 ΔZ_2 とし、第3の空気室における単位圧力変化に対する倍率変化量を ΔX_3 、結像面変化量を ΔZ_3 とするとき、

$$\Delta Z_3 = \Delta Z_1 + \Delta Z_2$$

なる関係を満たすような第3空気室を選ぶことにより、結像面を一定に保ちつつ倍率のみを補正することが可能である。式で表わせば、

$$+ \Delta X_3 + \Delta P \Delta X_p = 0$$

20★る場合において、各空気室における単位圧力当りの結像面変化量 ΔZ_1 、 ΔZ_2 が互いにほぼ相殺するような2つの空気室を選定するならば、結像面に変化を与えることなく倍率のみを補正又は微調整することが可能である。すなわち、結像面変動については、

$$\Delta P_1 (\Delta Z_1 + \Delta Z_2) = 0$$

をほぼ保ちつつ、倍率変動について

$$+ \Delta P \Delta X_p = 0$$

☆正することはできない。倍率と結像面との両者を同時に補正するためには、圧力制御する空気室を別にもう1ヶ所設ける必要がある。そこで、上記のように2つの空気室を連結結合して一体的に圧力制御すると共に、さらに第4の空気室を外気から遮断して別途に圧力制御することとする。この第4の空気室における単位圧力変化による倍率変化量を ΔX_4 、結像面変化量を ΔZ_4 とし、第4空気室の圧力制御量を ΔP_2 とするとき、

【0018】

【数1】

って、その収差を変えることなく倍率及び結像面の補正を達成することができる。

【0020】そして、倍率及び結像面に加えて、他の光学性能、例えば球面収差、コマ収差、像面湾曲或は歪曲収差をも同時に補正するためには、上記のごとき結合された空気室及び第4の空気室に加えて、さらに別途に圧力制御し得る空気室を設けることとすればよい。すなわち、光学諸性能のうち3つの性能を同時に補正するためには、3個の互いに独立した圧力制御空間を設ければよ

い。そして、一般には、補正しようとする光学諸性能の数に等しい数の圧力制御空間を独立に設ければよい。

【0021】尚、投影レンズの倍率変動や結像面の変動等の光学諸性能の変動を生ずる要因としては、大気圧のみならず鏡筒外部の環境温度、湿度、投影レンズに入射する露光エネルギーによる温度上昇、などがあげられる。これらの要素がそれぞれ単位量変化したことによって発生する倍率変化量を、 ΔX_q 、 ΔX_r 、 ΔX_s 、また結像面変化量をそれぞれ ΔZ_q 、 ΔZ_r 、 ΔZ_s とし、各要素の変化量が ΔQ 、 ΔR 、 ΔS であるとすると、2つの結合された空気室の圧力制御量 ΔP_1 及び第4の空気室の圧力制御量 ΔP_2 について、

【0022】

【数2】

$$(5) \left\{ \begin{array}{l} \Delta P_1 (\Delta X_q + \Delta X_r) + \Delta P_2 \Delta X_s + \Delta P \Delta X_p \\ \quad + \Delta Q \Delta X_q + \Delta R \Delta X_r + \Delta S \Delta X_s = 0 \\ \Delta P_1 (\Delta Z_q + \Delta Z_r) + \Delta P_2 \Delta Z_s + \Delta P \Delta Z_p \\ \quad + \Delta Q \Delta Z_q + \Delta R \Delta Z_r + \Delta S \Delta Z_s = 0 \end{array} \right.$$

【0023】の両条件を満たすことによって、倍率と結像面との両者の同時補正が可能である。倍率と結像面との一方のみを補正する場合には上記両式のうちの一方のみを満たすように圧力制御すればよいことはいうまでもない。また、この場合にも結合された2つの空気室にさらに他の空気室を連通して一体的に圧力制御してもよいし、第4空気室についても他の空気室と連通して一体的に圧力制御することが可能である。

【0024】ここで本発明が適用されるLSI製造装置としての投影露光装置（ステッパー）について説明する。図1はステッパーに用いられる投影対物レンズの一例を示すレンズ配置図であり、この対物レンズによりレチクル（R）上の所定のパターンがウェハ（W）上に縮小投影される。図中にはウェハとレチクルとの軸上物点の共役関係を表わす光線を示した。この対物レンズはレチクル（R）側から順にL1、L2……L14の合計14個のレンズからなり、各レンズの間隔及びレチクル（R）、ウェハ（W）との間に、レチクル側から順にa、b、c、……、oの合計15個の空気間隔が形成されている。この対物レンズの諸元を表1に示す。但し、rは各レンズ面の曲率半径、Dは各レンズの中心厚及び空気間隔、Nは各レンズのi線（ $\lambda = 365.0 \text{ nm}$ ）に対する屈折率を表わし、表中左端の数字はレチクル側からの順序を表わすものとする。また、D0はレチクル（R）と最前レンズ面との間隔、D31は最終レンズ面とウェハ（W）との間隔を表わす。

【0025】いま、この対物レンズにおいて、空気間隔a、b、……、oの気圧をそれぞれ+137.5 mmHgだけ変化させたとすると、各空気間隔の相対屈折率は1.0005に変化する。図2は上記のごとき空気室の圧力制

御を2ヶ所の空間で行なうことによって、倍率補正と結像面補正が可能な投影露光装置の概略構成図である。投影対物レンズ（1）は照明装置（2）により均一照明されたレチクル（R）上のパターンを、ステージ（3）上に載置されたウェハ（W）上に縮小投影する。投影対物レンズ（1）中には、図1に示した第4空間d、第5空間e及び第6空間fに対応する3個の空気室（40、50、60）が連通部（11a）により結合され大気から遮断され、第1圧力制御空間としてパイプ（11）を通して圧力制御される。また、第10空間j、第11空間k及び第12空間lに対応する3個の空気室（100、110、120）は連通部（21a）によって結合され大気から遮断され、第2圧力制御空間としてパイプ（21）を通して圧力制御される。また、図1に示した第3空間c、第8空間h、第9空間i及び第13空間mに対応する空気室はそれぞれ大気に対して密閉された空気室（30、80、90、130）として構成されている。大気圧と共に圧力が変化する空間は図面の複雑化を避けるために図2中から省略した。第1及び第2圧力制御空間はパイプ（11、21）によりそれぞれ、投影レンズ外に設けられた圧力制御器（12）及び（22）に連結されている。そして各圧力制御器（12、22）には、フィルタ（13）及び（23）を通して加圧空気供給器（4）から定常的に一定圧力の空気が供給され、また排気装置（8）により必要に応じて排気される。一方、各空気室の側面にはその内部圧力を検出する圧力センサー（14）、（24）が設けられており、この出力信号は演算器（5）に送られる。演算器（5）には計測器（6）及び鏡筒部の温度センサ（7）より大気圧の測定値、投影レンズ鏡筒外部の温度、湿度、鏡筒内部の温度が入力される。演算器（5）には各圧力制御空間内の空気室における単位圧力当りの倍率変化量 ΔX_d 、 ΔX_e 、 ΔX_f ； ΔX_j 、 ΔX_k 、 ΔX_l 及び結像面変化量 ΔZ_d 、 ΔZ_e 、 ΔZ_f ； ΔZ_j 、 ΔZ_k 、 ΔZ_l があらかじめ記憶されている。また、演算器（5）には大気圧の単位圧力変化によって生ずる投影レンズの倍率変動 ΔX_p 及び結像面変動 ΔZ_p 、並びに鏡筒周囲の温度、湿度の単位量変化に伴う倍率変動量及び結像面変動量、 ΔX_q 、 ΔX_r ； ΔZ_q 、 ΔZ_r 、さらに、露光エネルギーによる投影レンズの温度変化に伴う倍率変動量、結像面変動量 ΔX_s 、 ΔZ_s も記憶されている。そして演算器（5）は計測器（6）及びセンサ（7）からの信号により大気圧の変動量 ΔP 及び、鏡筒周囲の温度、湿度の変動量 ΔQ 、 ΔR 、並びに露光エネルギーによる投影レンズの温度変動量 ΔS を検出し、前述した（5）式のごとき両条件を満足するために各圧力制御空間に必要な圧力変動量 ΔP_1 、 ΔP_2 を算出する。本実施例において満たすべき条件を詳記すれば、倍率変動について、

$$\Delta P_1 (\Delta X_d + \Delta X_e + \Delta X_f) + \Delta P_2 (\Delta X_j + \Delta X_k + \Delta X_l)$$

9

10

$$+\Delta P \Delta X_p + \Delta Q \Delta X_q + \Delta R \Delta X_r + \Delta S \Delta X_s = 0$$

結像面変動について、

$$\begin{aligned} \Delta P_1 & (\Delta Z_d + \Delta Z_e + \Delta Z_f) + \Delta P_2 (\Delta Z_j + \Delta Z_k + \Delta Z_l) \\ & + \Delta P \Delta Z_p + \Delta Q \Delta Z_q + \Delta R \Delta Z_r + \Delta S \Delta Z_s = 0 \end{aligned}$$

である。ここで、 ΔX_p 及び ΔZ_p は大気圧と共に圧力変動する空気による各変化量の和であり、それぞれ、

$$\Delta X_p = \Delta X_a + \Delta X_b + \Delta X_g + \Delta X_n + \Delta X_o$$

$$\Delta Z_p = \Delta Z_a + \Delta Z_b + \Delta Z_g + \Delta Z_n + \Delta Z_o$$

と表わされる。これらの条件を満たすために各圧力制御空間に必要な圧力変化量 ΔP_1 及び ΔP_2 に対応する演算器からの信号により、各圧力制御器（12、22）が各制御空間の圧力を制御する。このようにして、投影レンズの光学特性に影響を与える各要素に対し、常に一定した倍率及び結像面位置が維持され、ステッパーとしての高精度マッチングが安定して達成される。

【0026】上記の実施例では、一体的に圧力制御する空気室として第4、第5、第6空間d、e、f 及び第10、第11、第12空間j、k、l のそれぞれ3個のレンズ間隔を採用したが、これに限らず、一体的に圧力制御する空気室の数及びどの間隔を採用するかは対物レンズの構成によって、また補正する光学性能によって適宜決定すればよい。また、一体的に圧力制御を行なう少なくとも2つの空気室は隣接していれば圧力の均一性を保つ点でまた鏡筒の構造からも有利であるが、隣接する空気室に限る必要はない。

【0027】尚、上記実施例では、各空気室に設けられた圧力センサーからの信号を演算器を介して圧力制御器へフィードバックし、常時圧力制御器を作動させる構成としたが、圧力センサー及び計測器による測定値を人間が読み取り、各空気室に必要な圧力変化を計算して、必要に応じてマニュアルで各圧力制御器を作動するように構成することもできる。

【0028】上述のごとく、投影光学系の光路中に独立に気圧を制御できる空間が少くとも2ヶ以上存在すれば、投影倍率と結像面位置の両方の変化を制御できる。この時、投影レンズ中のレンズエレメントを光軸方向に動かしたり、レチクルと投影レンズの間隔を変化させたりする機械的な調整手法を援用すれば、気圧を制御する空間は必ずしも2ヶ以上必要としない。又結像面位置の変化を検出し追従する機能がステッパーに備わっている場合は空間の気圧制御は倍率変化だけに着目して1ヶの空間のみに対して行えば良い。気圧を能動的に制御しない空間については変化量の大きい空間を密封して気圧を一定にすることが望ましく、上記の実施例において第3空間c、第8空間h、第9空間i、第13空間mを密封したのはこの観点から有効である。また、第1空間a及び第15空間oはそれぞれ投影レンズとレチクル及び投影レンズとウェハとの間の空間であり、一般には大気から遮断することが難しい。この点で上記実施例のごとく、第2空間bや第14空間nとの組合せによってほぼ

相殺できる場合には密封しない方が得策である。

【0029】上記図2に示した実施例のごとく、投影対物レンズ内の特定のレンズ間隔を外気から遮断された空気室に形成し、この空気室の圧力を制御することによって倍率の微調整がなされるが、このような倍率微調整手段の作動方法は種々存在する。まず、図2に示した実施例のごとく、ステッパーの倍率変化に影響を与える要素とその影響の程度をあらかじめ調べておき、投影倍率を直接測定することなく、各要素の変動量（例えば環境温度変化や大気圧の変動量）を計測し発生している倍率変化量を予測して倍率微調整手段を働かせるという方法である。この場合、図2のごとく実時間で各影響要素を測定し、直ちに倍率を自動的に調整するサーボシステムを構成することが望ましいが、測定値に基づいてマニュアルで倍率調整することも可能である。

10 【0030】尚、投影レンズ内に蓄積されるエネルギーによる温度変化を直接測定するのではなく、実験と計算によって露光時間及び連続稼動時間と倍率変化の関係をあらかじめ調べておき、露光時間及び連続稼動時間の情報を倍率調整手段にフィードバックしても良い。さらに、ステッパーに投影倍率測定機能をもたせ、測定結果を倍率微調整手段にフィードバックすることも可能である。実時間で倍率を測定できれば直ちに倍率を調整するサーボシステムとすることも可能である。測定に時間を要する場合には測定値を一度表示し、その値を基にマニュアルで倍率微調整を行わせても良い。測定値を基にして倍率調整を行ない更に倍率を再チェックするようなシーケンスを組むことも又容易である。尚、ステッパーで実際にウェハを露光し、そのウェハを計測することによって投影倍率を知ることができるので、この情報を倍率調整手段にフィードバックすることも可能である。

20 【0031】ところで、これまで気圧として空気に含まれるN₂、O₂、CO₂、H₂O……等の各気体の分圧を考慮せずに全圧のみを取り扱ってきた。しかしながら、投影レンズの光学性能の調整で重要なのは空気の屈折率を制御すること、すなわち投影光路内の光学要素の光学的な特質を変化させることなので、通常、空気でなくN₂のみを使ったり全圧一定のもとで各気体の分圧を制御して空気の屈折率を変化させることも本発明に当然含まれる。本発明の実施例では倍率の微調整を可能とする方法を提供したのであって、倍率を一定に保つことに有用なばかりでなく、意識的に倍率を変動させることにも有用なのは明らかである。

40 【0032】
【発明の効果】以上のように本発明によれば投影露光時の投影倍率や結像面位置の変動以外に、光学的な収差に

11

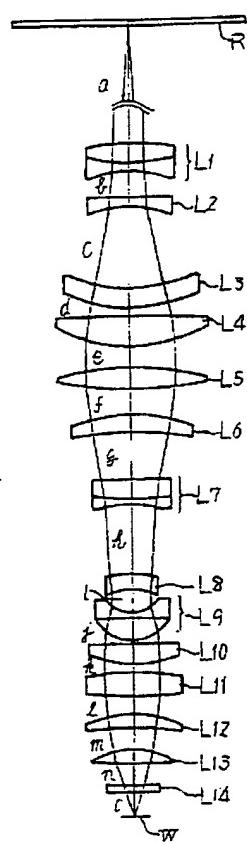
ついても微調整或は、諸性能の独立補正が可能になるため、装置の環境条件の変化にも対応しやすく、高いマッチング精度が維持でき、超LSIの生産性向上に大きく寄与することになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に適用される投影露光装置の投影レンズのレンズ構成を示す。

【図2】本発明の実施例に適用される投影露光装置の概略構成を示す。

【図1】



12

略構成を示す。

【符号の説明】

1 投影対物レンズ

30、40、50、60、80、90、100、110
0、120、130 空気室

12、22 圧力制御器

R レチクル

W ウエハ

【図2】

